

DOI: 10.37105/enex.2024.1.08

ENGINEERING EXPERT RZECZOZNAWCA



Analiza opłacalności przebudowy hangaru lotniczego pod nowe wymagania użytkowe

Leopold KRUSZKA¹ (ORCID ID: 0000-0001-5129-2531)

Ryszard CHMIELEWSKI¹ (ORCID ID: 0000-0001-5662-9180)

Oksana MARIK² (ORCID ID: 0009-0004-1744-3067)

¹ Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, Polska

² 21 Baza Lotnictwa Taktycznego w Świdwinie

Autor do korespondencji: ryszard.chmielewski@wat.edu.pl

Streszczenie: Oceniając opłacalność inwestycji budowlanych związanych z przebudową, należy oszacować aktualną wartość poszczególnych elementów budynku (z uwzględnieniem stopnia zużycia). Na opłacalność przebudowy obiektów budowlanych wpływa jednak również przydatność istniejących elementów do nowych warunków użytkowania w odniesieniu do potrzeb remontowych, co warto wziąć pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o przebudowie obiektów. Analizowany przypadek pokazuje, że wartość elementów użytkowych w istniejącym obiekcie budowlanym jest znikoma w stosunku do dostosowania go do nowych wymagań. W efekcie podjęcie decyzji o przebudowie jest ekonomicznie nieuzasadnione - nieopłacalne. Można stwierdzić, że koszt prac remontowych związanych z przebudową będzie porównywalny lub nawet wyższy niż koszt budowy nowego obiektu. Ponadto zmodernizowany obiekt będzie składał się z wielu elementów o znacznym zużyciu technicznym i funkcjonalnym, które będą miały gorsze parametry wytrzymałościowe niż rozwiązania powstałe w przypadku budowy nowego obiektu.

Słowa kluczowe: opłacalność przebudowy budynku, stan techniczny, przebudowa budynku.

Oficjalną wersją publikacji jest wersja angielskojęzyczna – posiada DOI. Niniejszy plik jest polskojęzyczną wersją.

Zacytuj ten artykuł w następujący sposób:

Kruszka, L., Chmielewski, R., Mariak, O. Analysis of cost-effectiveness of aircraft hangar reconstruction under new usability requirements, Engineering Expert, p. 58-67, No. 1, 2024, DOI: 10.37105/enex.2024.1.08

1. Wprowadzenie

Analiza opłacalności inwestycji budowlanych związanych z przebudową obiektów istniejących sprowadza się do rozpatrzenia kilku elementów. Pierwszym z nich jest określenie nakładów związanych z przebudową i zestawienie ich z kosztami rozbiórki obiektu i budową nowego. Na tej podstawie można podjąć decyzję o przeprowadzeniu przebudowy bądź o zastąpieniu istniejącego obiektu nowym, alternatywą jest dalszego eksploataowanie obiektu przy ponoszeniu niezbędnych w tym celu nakładów i kosztów remontowych. Istotnym elementem pozwalającym na podjęcie uzasadnionej ekonomicznie decyzji jest ocena techniczna stanu obiektu z uwzględnieniem zużycia poszczególnych elementów [1,2]. Współcześnie ocenę stanu obiektu można połączyć z jego inwentaryzacją za pomocą skanowania 3D, które pozwala na bezpośrednie pomiary wybranych elementów geometrii i określenie odchyłki w stosunku do wymiarów projektowych [3]. Dodatkowo przy ocenie opłacalności inwestycji budowlanych związanych z przebudową należy wziąć pod uwagę możliwy wzrost kosztów inwestycji remontowych takich jak miejscowe rozbiórki, przebudowania i dostosowania oraz wzmocnienie konstrukcji, które znacząco wpłyną na opłacalność przywracania zdolności eksploatacyjnych i

użytkowych budynku [4]. Podczas prac remontowych pojawia się znaczące ryzyko kosztów dodatkowych wynikających z robót, których nie dało się przewidzieć ani zaplanować [5].

Ogólne zasady określania opłacalności remontów nie są stosowane w wypadku obiektów zabytkowych. W wypadku tego typu obiektów najważniejsze jest zachowanie charakteru zabytkowego oraz walorów architektonicznych [6,7]. Ponadto występują ograniczenia prawne związane z gospodarowaniem budynkami zabytkowymi i zachowaniem ich stanu pierwotnego [8,9]. Przy remontach zabytków ważne jest zachowanie oryginalnych materiałów i technik wykonawstwa. Pojawia się konieczność ograniczenia ingerencji w oryginalną strukturę i wygląd obiektu.

Podczas oceny opłacalności inwestycji budowlanych związanych z przebudową, rozbudową, modernizacją lub remontami obiektów budowlanych w pierwszej kolejności należy określić stopień zużycia obiektu budowlanego pod względem technicznym, funkcjonalnym i środowiskowym. Obiekt budowlany składa się z wielu elementów, które spełniają różne funkcje i w związku tym są wykonywane z materiałów o różnych właściwościach technicznych odpowiadających przeznaczeniu danego elementu. Trwałość techniczna poszczególnych elementów budynku może być niższa, równa lub przekraczająca trwałość budynku, zużycie techniczne określa się procentowo na podstawie aktualnego stanu technicznego. Uwzględniając zużycie poszczególnych elementów budynku uzyskujemy aktualną wartość obiektu w stosunku do obiektu nowo zbudowanego, oczywiście dotyczy to okresu w jakim został wybudowany bez uwzględnienia zużycia funkcjonalnego czy też środowiskowego.

2. Ocena stanu technicznego obiektu

Analizowanym pod kątem opłacalności przebudowy obiektem jest lotniczy hangar obsługowo-naprawczy wybudowany w latach 70-tych ubiegłego stulecia. Konstrukcja obejmuje halę hangarową wraz z przybudówkami, które stanowią niezależne od siebie układy konstrukcyjne powiązane ze sobą funkcjonalnie.

Hala hangarowa wykonana jest jako układ dwóch ram stalowych kratownicowych, które rozstawione są w odległości 21 m od siebie. Rozpiętość ram wynosi 60 m, zaś rygle tych ram są podporami dla wspornikowych dachowych dźwigarów kratowych rozstawionych co 6 m. Kratownice dachowe są usztywnione przestrzennie stężeniami pionowymi wzdłuż ścian bocznych oraz poziomymi w płaszczyźnie dachu. Na dźwigarach kratowych ułożone są płatwie o przekroju dwuteowym w rozstawie co 1,5 m. Pokrycie dachu jest ze stalowej blachy trapezowej, na której ułożona jest wełna mineralna oraz płyta pilśniowa twarda z pokryciem papowym. Ogólny widok konstrukcji dachu od dołu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Konstrukcja dachu hangaru.

Do pasa dolnego ramy głównej przymocowana jest belka podsuwnicowa. Nośność suwnicy wynosi 3,5 Mg. Słupy ram stalowych ustawione są na stopach żelbetowych, stanowiących fundament bezpośredni. Brama hangaru jest stalowa segmentowa o wymiarach: szer. 59,7 m, wys. 6,68 m. Nad wrotami i na przeciwległej szczytowej nad przybudówką zamontowane są naświetla z poliwęglanu w ramach stalowych. Posadzka hali betonowa, podzielona jest pasami dylatacyjnymi, ułożona na podbudowie z podsypki piaskowej i betonu podkładowego.

Dobudówki boczne są jednokondygnacyjne, tylna – dwukondygnacyjna. Wykonane są jako niezależne konstrukcje żelbetowe z wykorzystaniem elementów prefabrykowanych, posadowione na stopach żelbetowych. Ściany zewnętrzne i działowe posadowione na podwalinach, stropy pośrednie i stropodachy wykonane są z płyt prefabrykowanych.

W 2011 r. obiekt przeszedł termomodernizację polegającą na ociepleniu z wykorzystaniem płyt styropianowych oraz na wymianie świetlików ze szkłem zbrojonym na witryny aluminiowe. Inne roboty obejmowały również remont części pomieszczeń biurowych, technicznych oraz sanitariatów. W część pomieszczeń wymieniono również fragmenty instalacji c.o.

Ogólny stan techniczny obiektu odpowiada stanowi wynikającemu z naturalnego zużycia poszczególnych elementów, przy dobrej gospodarce utrzymaniowej. Przykładowe zdjęcia stanu poszczególnych elementów przedstawiono na rys. 2.

Ocenę stanu technicznego przedstawiono w tabeli 1, w której przedstawiono ocenę poszczególnych elementów budynku uwzględniając stopień zużycia technicznego poszczególnych elementów budynku:

- w kolumnie pierwszej (1) wyszczególniono elementy budynku,

- w kolumnie drugiej (2) przedstawiono krótki opis stanu technicznego elementu,
- w kolumnie trzeciej (3) określono procentową wartość elementu w stosunku do wartości całego budynku nowo wzniesionego,
- w kolumnie czwartej (4) określono procentową wartość elementu w stosunku do wartości całego nowo wzniesionego budynku po uwzględnieniu stopnia zużycia; suma wartości w tej kolumnie daje odpowiedź na pytanie, jaką wartość przedstawia cały budynek w odniesieniu do budynku nowo zbudowanego,
- w kolumnie piątej (5) przedstawiono wartość budynku w odniesieniu do wykorzystania jego elementów do przebudowy pod kątem nowego wyposażenia.

Kolumna (5) uwzględnia konieczność dodatkowych robót związanych z przebudową hangaru pod kątem spełnienia nowych wymagań. Wśród nowych wymagań należy wymienić:

- punkt wydawczy sprężonego powietrza pod ciśnieniem do 125 psi (8,62 bara),
- suwnica o udźwigu 5 Mg (istniejąca posiada udźwig 3,5 Mg),
- posadzka olejoodporna, antypoślizgowa, antyelektrostatyczna, łatwo zmywalna z pokryciem epoksydowym,
- urządzenia zapewniające właściwą temperaturę i wilgotność na płaszczyźnie obsługowej, jak i w pomieszczeniach warsztatowych,
- dodatkowa płaszczyzna obsługowa instalacji paliwowej na nowe stanowiska sprzętu.



Rys. 2. Stan obiektu, a) uszkodzenia słupa konstrukcji nośnej, b) spękania ścian, c, d) stan posadzki w hangarze, e, f) stan stalowej konstrukcji dachu.

Tabela 1. Ocena stanu technicznego elementów budynku

Lp.	Element	Krótki opis stanu technicznego	% wartość elementu w odniesieniu do nowego budynku	% wartość elementu w odniesieniu do aktualnego stanu technicznego budynku	% wartość elementu w odniesieniu do potrzeb przebudowy
	1	2	3	4	5
1.	Fundamenty i roboty ziemne	Brak oznak nadmiernych osiadań i deformacji, poza ścianką na podwalinie miejscu awarii kanalizacji – stan średni/zły	8,5	5,1	1,5
2.	Izolacje przeciwwodne	brak oznak podciągania kapilarnego i zawilgoceń w dolnej części ścian - stan dobry	0,5	0,42	0,0
3.	Stalowa konstrukcja hangaru z suwnicą	brak oznak nieprawidłowej pracy konstrukcji, brak ognisk korozji, nośność suwnicy 3,5 Mg, wysokość podnoszenia 7,0 m – stan dobry	20,5	16,4	0,0
4.	Konstrukcja dachu hangaru	brak oznak nieprawidłowej pracy konstrukcji, brak ognisk korozji; z wywiadu wynika, że w przypadku dużej grubości pokrywy śnieżnej utrudnione jest otwieranie wrót hangaru – stan średni	4,0	3,0	0,0
5.	Pokrycie dachu hangaru	lokalne przecieki, nie spełnia współczesnych wymagań termoizolacyjności – stan zadawalający	2,0	0,9	0,0
6.	Żelbetowa konstrukcja dobudówek	spękania ścian, spękania na łączeniu elementów prefabrykowanych i wypełnienia, lokalne osiadanie ściany na podmytej belce podwalinowej, zbyt	13,0	6,5	4,0

Analiza opłacalności przebudowy hangaru lotniczego pod nowe wymagania użytkowe

		mała grubość otuliny zbrojenia prefabrykatów - stan średni			
7.	Stropy i stropodachy dobudówek	ślady po przeciekach, spękania w lianach łączenia prefabrykatów, brak oznaka nadmiernych ugięć czy też deformacji – stan dobry	1,5	1,2	0,5
8.	Pokrycie dachów do- budówek	brak świeżych śladów przecieków nie spełnia współczesnych wymogów termoizolacyjności – stan zadowalający	1,0	0,45	0,0
9.	Tynki wewnętrzne	lokalne spękania i odparzenia, część pomieszczeń po renowacji – stan średni	7,0	4,9	1,0
10.	Stolarka okienna i drzwiowa	nowa stolarka okienna PCV, stolarka drzwiowa częściowo wymieniona – stan średni	6,5	4,16	0,0
11.	Wrota hangaru	lokalna korozja ogólna, brak deformacji – stan do- bry	9,5	4,18	0,0
12.	Malowanie ścian i sufi- tów	część pomieszczeń odnowiona, w pomieszcze- niach nieodnowionych m.in. ślady po przeciekach – stan zadowalający	1,5	0,66	0,0
13.	Posadzka hangaru	liczne pęknięcia, lokalne nierównomierne osiada- nie – „klawiszowanie” płyt, powierzchnie złuszc- zona i nierówna – stan zły	9,5	3,42	0,0
14.	Posadzki w dobudów- kach	część pomieszczeń z odnowionymi posadzkami,	3,5	1,54	1,0

		w części stare zniszczone nawierzchnie – stan zadawalający			
15.	Instalacja wodno-kanalizacyjna	sprawna, brak kompleksowego systemu odprowadzania ścieków – stan średni	3,0	1,5	0,0
16.	Instalacja elektryczna	system elektroenergetyczny lotniska w trakcie modernizacji, sieć w budynku sprawna – stan średni	3,5	2,45	0,0
17.	Instalacja c.o.	zasilanie obiektu po przebudowie, sieć wewnętrzna po częściowych przeróbkach, nie zawsze zgodnych z przepisami – stan średni	3,5	2,45	0,0
18.	Inne	instalacje towarzyszące (w tym ppoż.), malowanie oznakowania itp. – stan zadawalający	1,5	0,63	0,0
RAZEM			100	58,16	8,5

3. Analiza zakresu przebudowy

W wypadku podjęcia decyzji o przebudowie obiektu należałoby przeprowadzić następujące zmiany dla poszczególnych jego elementów:

- a) Zauważyć należy o istotnym wzroście obciążeń na posadowienie oraz na elementy nośne istniejącej stalowej konstrukcji hangaru. Wynika to ze wzrostu wartości obciążeń od suwnicy oraz ze zwiększenia normatywnych obciążeń klimatycznych, a także zwiększenia wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa.
- b) Istniejąca konstrukcja stalowa hangaru wraz z posadowieniem wymagałaby wzmocnienia pod nowe obciążenia, co byłoby niezasadne z ekonomicznego punktu widzenia. Koszt wykonania tych wzmocnień byłby porównywalny, a nawet wyższy od nowej konstrukcji, przy czym uzyskano by elementy o niższej trwałości od nowych.
- c) Przy dużej grubości pokrywy śnieżnej na dachu hangaru utrudnione jest otwieranie ich wrót, stąd celowym byłoby sprawdzenie dopuszczalnej grubości pokrywy śnieżnej pod kątem bezpieczeństwa użytkowania istniejącego budynku. Zasadność wymiany bądź wzmocnienia kratowych dźwigarów istniejącej konstrukcji dachowej jest analogiczna jak w wypadku pozostałej konstrukcji stalowej hangaru.
- d) Żelbetowa konstrukcja dobudówek wymagałaby napraw i wzmocnień, szczególnie w przypadku przybudówek jednokondygnacyjnych, dla których konieczne byłoby wykonanie nadbudowy wraz z koniecznością wymiany warstw termoizolacji i pokrycia dachowego ze względu na obowiązujące obecnie wymagania normowe.
- e) Stolarka okienna i drzwiowa istniejącego hangaru wymaga wymiany ze względu zarówno na obniżone parametry termoizolacyjności, jak i ze względu na zalecaną odporność na ciśnienie fali nadciśnienia; wrota hangaru ze względu na zużycie techniczne i funkcjonalne klasyfikują się do wymiany.
- f) Ze względu na opisane wcześniej wymagania dotyczące wykończenia powierzchni posadzki oraz zakres występujących uszkodzeń cała posadzka kwalifikuje się do wymiany. Koszty frezowania uszkodzonej i nierównej warstwy wierzchniej, „zszywania” występujących spękań oraz odbudowa sfrezowanej warstwy z wymaganym zespoleniem z nową warstwą przewyższą koszty wykonania nowej posadzki. Dodatkowo posadzki w dobudówkach do hangaru kwalifikują się do wymiany, dotyczy to pomieszczeń nieremontowanych.
- g) Całość instalacji bytowych i obsługowych wymaga wymiany ze względu na wymagane nowe parametry związane ze zwiększeniem liczebności obsługi hangaru, jak i wymaganiami nowego sprzętu.

W tabeli 1 w ostatniej z kolumn oceniono całkowitą wartość obiektu na podstawie wartości poszczególnych jego elementów pod kątem jego dostosowania do nowych warunków użytkowania. Większość elementów posiada zerową wartość w kontekście możliwości przystosowania ich do potrzeb i wymagań, jakie ma spełniać ten obiekt budowlany po przebudowie.

4. Wnioski końcowe

Przy ocenie opłacalności inwestycji budowlanych związanych z przebudową należy ocenić aktualną wartość poszczególnych elementów budynku (z uwzględnieniem stopnia zużycia). Jednakże na zasadność przebudowy obiektów budowlanych ma także wpływ przydatność istniejących elementów do nowych warunków użytkowania w odniesieniu do potrzeb remontowych, co warto uwzględnić przy podejmowaniu decyzji dotyczących przebudowy obiektów.

Analizowany przypadek pokazuje, że wartość elementów możliwych do wykorzystania w istniejącym obiekcie budowlanym jest znikoma w stosunku do dostosowania go do nowych wymogów. W związku z tym podejmowanie decyzji o przebudowie jest nieuzasadnione ekonomicznie - nieopłacalne. Można stwierdzić, że koszty robót remontowych związanych z przebudową będą

porównywalne bądź nawet wyższe od kosztów budowy nowego obiektu. Co więcej, zmodernizowany obiekt będzie składał się z wielu elementów o znacznym zużyciu technicznym i funkcjonalnym, które będą miały gorsze parametry wytrzymałościowe od rozwiązań powstałych w przypadku budowy nowego.

Ze względu na wymagania użytkowe nowego sprzętu oraz zużycie funkcjonalne istniejącego hangaru nie jest opłacalna przebudowa obiektu.

Ponadto przebudowa obiektów wiąże się z wieloma zagrożeniami, które są trudne do przewidzenia na etapie przygotowania tego przedsięwzięcia do realizacji [10]. Łączenie zdalnych do dalszego wykorzystania w obiekcie pojedynczych elementów istniejącego budynku z nowo wznoszonym obiektem utrudnia i wydłuża roboty budowlane, a efekt końcowy nie będzie równoważny efektowi użytkowemu - jaki uzyskuje się w przypadku budowy nowego obiektu spełniającego współczesne wymagania.

Literatura

- [1] WACETOB „Zużycie techniczne obiektów budowlanych” wydanie II, Warszawa 2022.
- [2] Biuletyn cen obiektów budowlanych BCO na II kwartał roku 2023.
- [3] Leśniak A, Zima K, Skrzypczak I, Mrówczyńska M, Oleniacz G. Inwentaryzacja obiektu budowlanego z wykorzystaniem technologii Scan-to-BIM. *Inżynieria i Budownictwo* (2023), p. 589–593. doi:10.5604/01.3001.0054.1355
- [4] Chmielewski R., Sankowski J., Lisowski M., Muzolf P., Diagnostyka uszkodzonych ścian budynków z zastosowaniem monitoringu geodezyjnego, *Materiały Budowlane* (2023), zeszyt 7, doi: 10.15199/33.2023.07.04
- [5] Chmielewski R., Baryłka A., Obolewicz J., The impact of design and executive errors affecting the damage to the floor of the concert hall, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Volume 104, Issue 2, Pages 49 – 56, doi: 10.5604/01.3001.0014.8488
- [6] Chmielewski R., Kruszka L., Application of selected modern technology systems to strengthen the damaged masonry dome of historical St. Anna's Church in Wilanów (Poland), *Case Studies in Construction Materials*, Volume 3, Pages 92 – 101 (2015), doi: 10.1016/j.cscm.2015.08.001
- [7] Niedostatkiewicz M., Building modernization located in the conservation protection zone in the aspect of technical conditions, *Safety Engineering of Anthropogenic Objects* (2022), doi: 10.37105/iboa.133
- [8] Rozporządzenie Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego z dnia 27 lipca 2011 r. w sprawie prowadzenia prac konserwatorskich, prac restauratorskich, robót budowlanych, badań konserwatorskich, badań architektonicznych i innych działań przy zabytku wpisanym do rejestru zabytków oraz badań archeologicznych.
- [9] Rozporządzenie Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego z dnia 22 czerwca 2017 r. w sprawie prowadzenia prac konserwatorskich, prac restauratorskich i badań konserwatorskich przy zabytku wpisanym do rejestru zabytków albo na Listę Skarbów Dziedzictwa oraz robót budowlanych, badań architektonicznych i innych działań przy zabytku wpisanym do rejestru zabytków, a także badań archeologicznych i poszukiwań zabytków.
- [10] Obolewicz J., Baryłka A., Szota M., The impact of human behaviour on the (un)safety of the construction site, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Volume 119, Issue 1, Pages 35 – 41, doi: 10.5604/01.3001.0053.8697